

MENU

SEARCH

INDEX

DETAIL

1/1



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 08275558

(43)Date of publication of application: 18.10.1996

(51)Int.Cl.

H02N 2/00

(21)Application number: 07094397

(71)Applicant:

FANUC LTD

(22)Date of filing: 28.03.1995

(72)Inventor:

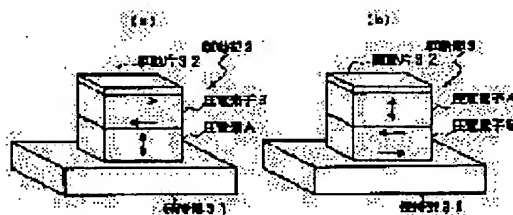
SAKANO TETSURO

(54) PIEZOELECTRIC MOTOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a piezoelectric motor in which large torque can be generated using a piezoelectric element and the speed control is facilitated while prolonging the service life of the motor.

CONSTITUTION: A piezoelectric element A displaceable in the direction of thickness and a piezoelectric element B displaceable in the sliding direction are stacked at a holding part 31 and a drive element 32 is bonded thereon thus constituting a drive section 3. The drive section 3 is pressed against the rotor surface through a resilient pressure mechanism part thus exciting the piezoelectric elements A, B with high frequency voltages of the same frequency having a phase shift. Consequently, the drive piece 32 performs elliptical motion in two planes spreading, respectively, in the direction for pressing the rotor and rotating the rotor. In a section where the drive piece 32 presses the contact face of rotor strongly through the piezoelectric element A, the rotor is driven in the direction for displacing the piezoelectric element B and rotated. Moving direction of the rotor is controlled by inverting the phase of one of two high frequency voltages for exciting the piezoelectric



THIS PAGE BLANK (USPTO)

elements A, B and the rotational speed of the rotor is controlled by the magnitude of voltage for exciting the piezoelectric element B.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998 Japanese Patent Office

[MENU](#)

[SEARCH](#)

[INDEX](#)

[DETAIL](#)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 8-275558

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 10 月 18 日

(51) Int. Cl.⁶
H02N 2/00

識別記号 庁内整理番号

F I
H02N 2/00

技術表示箇所

C

審査請求 未請求 請求項の数 18 F D (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平 7-94397

(22) 出願日 平成 7 年 (1995) 3 月 28 日

(71) 出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 358
0 番地

(72) 発明者 坂野 哲朗

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場 358
0 番地 ファナック株式会社内

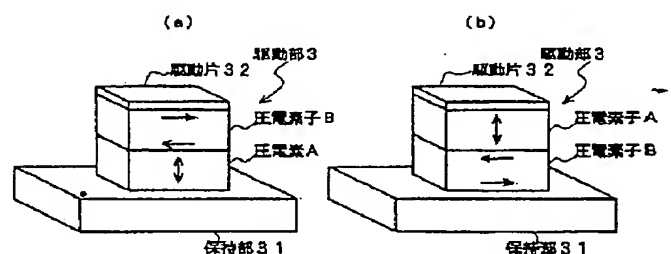
(74) 代理人 弁理士 竹本 松司 (外 4 名)

(54) 【発明の名称】 圧電モータ

(57) 【要約】

【目的】 圧電素子を使用して大きなトルクが発生でき、速度の制御が容易でモータの寿命を長くできる圧電モータを提供すること。

【構成】 保持部 31 上に厚み方向に変位する圧電素子 A とすべり方向に変位する圧電素子 B を重ねて、その上に駆動片 32 を固着して駆動部 3 を構成する。駆動部 3 を弾性押圧機構部によってロータ面に押圧し、圧電素子 A、B を同一周波数で位相をずらした高周波電圧で励振する。この励振によりロータを押圧する方向とロータを回転させる方向の 2 方向の面内で、駆動片 32 は楕円運動を行う。駆動片 32 が圧電素子 A によりロータ接触面を強く押圧した区間で圧電素子 B が変位する方向にロータを駆動し回転させる。圧電素子 A、B を励振する一方の高周波電圧の位相を反転させることによってロータの移動方向を制御し、圧電素子 B を励振する電圧の大きさによってロータの回転速度を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 移動部を摩擦力で駆動する方式のモータにおいて、移動部と接触する駆動片と該駆動片と移動部との間の接触圧を制御する第1の圧電素子及び上記駆動片を移動部の移動方向に変位させる第2の圧電素子を保持する保持部とを有する駆動部と、該駆動部を移動部に押し付ける弾性押圧機構部と、上記第1、第2の圧電素子を同一周波数で位相の異なる高周波電圧で励振させる駆動制御手段とを備え、移動部と上記駆動体間の接触圧を変化させて、接触圧が高い期間に上記第2の圧電素子の変位により移動部を移動させる圧電モータ。

【請求項2】 上記駆動部は上記駆動片と押圧厚み方向に変位する第1の圧電素子と厚み方向と直交する方向に変位する第2の圧電素子とが重ね合わせて接合されて構成されている請求項1記載の圧電モータ。

【請求項3】 移動部を摩擦力で駆動する方式のモータにおいて、保持部上に厚み方向に変位する圧電素子が間隔をおいて配置され、上記2つの圧電素子にまたがって中点に移動部を押圧する突起を有する駆動片が配置された駆動部と、該駆動部を移動部に押し付ける弾性押圧機構部と、上記2つの圧電素子を同一周波数で位相の異なる高周波電圧で励振させ上記2つの圧電素子を位相差をもって変位させる駆動制御手段とを備え、上記駆動片の突起による移動部への接触圧を変化させながら駆動片移動させて移動部を移動させる圧電モータ。

【請求項4】 移動部を摩擦力で駆動する方式のモータにおいて、保持部上に厚み方向に変位する第2の圧電素子が2つ間隔をおいて配置され、上記2つの第2の圧電素子にまたがって板を配置し該板上に上記2つの第2の圧電素子の間に上面に駆動片を有し厚み方向に変位する第1の圧電素子が配置された駆動部と、該駆動部を移動部に押し付ける弾性押圧機構部と、上記2つの第2の圧電素子を同一周波数で位相の異なる高周波電圧で励振させて位相差をもって変位させ、かつ上記第1の圧電素子も同一周波数で、上記第2の圧電素子を配置した上記板の中間位置の移動部方向の移動に同期して上記第1の圧電素子の変位が変化するように位相を変えて高周波電圧で励振させる駆動制御手段とを備え、上記駆動片の突起による移動部への接触圧を変化させながら駆動片を移動させて移動部を移動させる圧電モータ。

【請求項5】 移動部を摩擦力で駆動する方式のモータにおいて、保持部上に配置された厚み方向に変位する第1の圧電素子上に厚み方向に変位する第2の圧電素子が間隔をおいて2つ配置され、上記2つの第2の圧電素子にまたがって中点に移動部を押圧する突起を有する駆動片が配置された駆動部と、該駆動部を移動部に押し付ける弾性押圧機構部と、上記2つの第2の圧電素子を同一周波数で位相の異なる高周波電圧で励振させて位相差をもって変位させ、かつ上記第1の圧電素子も同一周波数で、上記第2の圧電素子を配置した上記板の中間位置の

移動部方向の移動に同期して上記第1の圧電素子の変位が変化するように位相を変えて高周波電圧で励振させる駆動制御手段とを備え、上記駆動片の突起による移動部への接触圧を変化させながら駆動片移動させて移動部を移動させる圧電モータ。

【請求項6】 移動部を摩擦力で駆動する方式のモータにおいて、移動部と接触する駆動片と該駆動片と移動部との間の接触圧を制御する第1の圧電素子及び上記駆動片を上記駆動片と移動部の圧接方向に直交しかつ互いに直交する方向に変位する2つの第2の圧電素子を保持する保持部を備えた駆動部と、該駆動部を移動部に押し付ける弾性押圧機構部と、上記第1の圧電素子を高周波電圧で励振させかつ上記第2の圧電素子を選択して上記高周波電圧と同一周波数で位相が異なる高周波電圧で駆動する駆動制御手段とを備え、移動部と上記駆動片間の接触圧を変化させて、接触圧が高い期間に上記第2の圧電素子の変位により移動部を移動させる圧電モータ。

【請求項7】 上記駆動片は第1の圧電素子か若しくは第2の圧電素子の表面で構成された請求項2、4又は6記載の圧電モータ。

【請求項8】 上記駆動制御手段は、上記第2の圧電素子を励振する高周波電圧の振幅を変える手段を備える請求項1、2、又は6記載の圧電モータ。

【請求項9】 上記駆動制御手段は、上記2つの圧電素子を励振する高周波電圧の位相を変える手段を備える請求項3記載の圧電モータ。

【請求項10】 上記駆動制御手段は、上記2つの第2の圧電素子を励振する高周波電圧の位相を変える手段を備える請求項4又は5記載の圧電モータ。

【請求項11】 上記駆動制御手段が発生する上記高周波電圧は、上記保持部の質量に対して上記第1の圧電素子に慣性反力が得られるような高い周波数である請求項1乃至10記載の内1項記載の圧電モータ。

【請求項12】 上記駆動制御手段は、第1、第2の圧電素子を励振する少なくともどちらか一方の高周波電圧の位相を反転させる手段を備える請求項1、2、4、5、6、7又は8記載の圧電モータ。

【請求項13】 上記駆動制御手段は、上記間隔をおいて2つ配置した圧電素子を励振する高周波電圧の位相を反転させる手段を備える請求項3又は9記載の圧電モータ。

【請求項14】 上記駆動制御手段は発生させる高周波電圧の周波数を変更できる発振器を備える請求項1乃至13記載の内1項記載の圧電モータ。

【請求項15】 上記移動部は円筒状のロータである請求項1乃至14記載の内1項記載の圧電モータ。

【請求項16】 上記移動部はディスク状のロータである請求項1乃至14記載の内1項記載の圧電モータ。

【請求項17】 上記移動部は球である請求項1乃至14記載の内1項記載の圧電モータ。

【請求項 1 8】 上記移動部は平面上を移動するスライダである請求項 1 乃至 1 4 記載の内 1 項記載の圧電モータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、圧電素子を使用したモータに関し、速度はそれほど速くはないが、小形、大トルク、精密な回転角、位置を制御するに必要なモータに関する。高精度回転割り出しテーブルの駆動、産業用ロボットの駆動等に利用でき、リニアモータとして精密位置決めができるモータに関する。

【0002】

【従来の技術】 圧電素子を利用するモータとして、超音波モータが知られている。この超音波モータは、圧電素子によってステータの弾性体に 2 種類の定在波を生じせしめこれら定在波の位置的、時間的位相差を所望の關係に合成して進行波を作り、該進行波によってロータを駆動するもので、ステータとロータが強く接触するように押し付ける構造になっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 超音波モータにおいて、トルクを増加させるにはステータとロータの接触圧を高める必要があるが、ロータにステータを強く押し付けるとステータの弾性体の振動が発生できなくなるので、大きなトルクを発生させることができない。また、回転速度の制御は、励振周波数、または励振信号の位相差制御を行い、進行波の発生状態を変えて行うが、駆動回路が複雑である。さらに、進行波による駆動は、接触面にすべりを伴うため、磨耗が無視できず、モータの寿命を長くできないという問題がある。

【0004】 また、超音波モータを直線状に展開してリニアモータを構成しようすると、弾性体の両端で振動の反射が発生し、進行波が形成できない。したがって超音波モータによるリニアモータは容易に実現できない。そこで、本発明の目的は、圧電素子を使用して大きなトルクが発生でき、速度の制御が容易であると共に、すべりによる磨耗も少なくモータの寿命を長くできる圧電モータを提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明の圧電モータは、移動部と接触する駆動片と該駆動片と移動部との間の接触圧を制御する第 1 の圧電素子及び上記駆動片を移動部の移動方向に変位させる第 2 の圧電素子を保持する保持部とを有する駆動部を、弾性押圧機構部で移動部に押し付けておき、駆動制御手段により上記第 1、第 2 の圧電素子を同一周波数で位相の異なる高周波電圧で励振させ、移動部と上記駆動片間の接触圧を変化させて、接触圧が高い期間に上記第 2 の圧電素子の変位により移動部を移動させる。特に、駆動部を上記駆動片と押圧厚み方向に変位する第 1 の圧電素子と厚み方向と直交する方向

に変位する第 2 の圧電素子とが重ね合わせて接合して構成する。

【0006】 また、駆動部を、保持部上に厚み方向に変位する圧電素子を間隔をおいて配置し、上記 2 つの圧電素子にまたがって中点に移動部を押圧する突起を有する駆動片を配置したものとし、駆動制御手段によって、上記 2 つの圧電素子を同一周波数で位相の異なる高周波電圧で励振させ上記 2 つの圧電素子を位相差をもって変位させる、上記駆動片の突起による移動部への接触圧を変化させながら駆動片移動させて移動部を移動させる構成の圧電モータとする。

【0007】 さらに、駆動部を、保持部上に厚み方向に変位する第 2 の圧電素子を 2 つ間隔をおいて配置し、上記 2 つの第 2 の圧電素子にまたがって板を配置し、さらに該板上に上記 2 つの第 2 の圧電素子置の中間に上面に駆動片を有し厚み方向に変位する第 1 の圧電素子を配置した構成とし、駆動制御手段により、上記 2 つの第 2 の圧電素子を同一周波数で位相の異なる高周波電圧で励振させて位相差をもって変位させ、かつ上記第 1 の圧電素子も同一周波数で、上記第 2 の圧電素子を配置した上記板の中間位置の移動部方向の移動に同期して上記第 1 の圧電素子の変位が変化するように位相を変えて高周波電圧で励振させることによって、上記駆動片の突起による移動部への接触圧を変化させながら駆動片を移動させて移動部を移動させる圧電モータとする。

【0008】 また、駆動部を、保持部上に厚み方向に変位する第 1 の圧電素子を配置し、この第 1 の圧電素子の上に厚み方向に変位する第 2 の圧電素子が間隔をおいて 2 つ配置し、さらに上記 2 つの第 2 の圧電素子にまたがって中点に移動部を押圧する突起を有する駆動片を配置した構成とし、駆動制御手段により、上記 2 つの第 2 の圧電素子を同一周波数で位相の異なる高周波電圧で励振させさせて位相差をもって変位させ、かつ上記第 1 の圧電素子も同一周波数で、上記第 2 の圧電素子を配置した上記板の中間位置の移動部方向の移動に同期して、上記第 1 の圧電素子の変位が変化するように位相を変えて高周波電圧で励振し、上記駆動片の突起による移動部への接触圧を変化させながら駆動片移動させて移動部を移動させる圧電モータとする。

【0009】 また、駆動部を、保持部と移動部と接触する駆動片との間に、該駆動片と移動部との間の接触圧を制御する第 1 の圧電素子及び上記駆動片を上記駆動片と移動部の圧接方向に直交し、かつ互いに直交する方向に変位する 2 つの第 2 の圧電素子を備えたものとし、駆動制御手段により、上記第 1 の圧電素子を高周波電圧で励振させかつ上記第 2 の圧電素子を選択して上記高周波電圧と同一周波数で位相が異なる高周波電圧で駆動することにより、移動部と上記駆動片間の接触圧を変化させて、接触圧が高い期間に上記第 2 の圧電素子の変位により移動部を移動させる圧電モータとする。

【0010】なお、上記駆動片は圧電素子の表面で構成してもよい。さらに、第2の圧電素子の変位によって移動部を移動させるタイプのものは、上記駆動制御手段に上記第2の圧電素子を励振する高周波電圧の振幅を変える手段を設けて移動部の速度を制御する。また、2つの厚み方向に変位する圧電素子を並行して並べその変位量の差により中間点を揺動させて移動部を駆動するタイプのものには、上記駆動制御手段にこの並行に並べた圧電素子を励振する高周波電圧の位相を変える手段を設けて移動部の駆動速度を制御する。

【0011】また、上記駆動制御手段が発生する上記高周波電圧は、上記保持部の質量に対して上記第1の圧電素子に慣性反力が得られるような高い周波数とする。

【0012】移動部の駆動方向を制御するために上記駆動制御手段に、一方の圧電素子に印加する高周波電圧の位相を反転させる手段を設ける。そして、上記移動部は円筒状のロータ、ディスク状のロータ、球、平面上を移動するスライダの内どれでもよい。

【0013】

【作用】保持部に厚み方向に変位する圧電素子を設け弾性押圧機構部によって、圧電素子の厚み方向に該圧電素子を移動部の接触面に押圧し、圧電素子に励振電圧を印加し励振すると圧電素子は励振電圧によって厚み方向に変位し伸縮するが、この励振電圧の励振周波数が低い場合には、保持部の位置が弾性押圧機構部の弾性力に抗して移動し移動部との接触圧はあまり変化せず、一定な値となる。

【0014】しかし励振周波数を高くすると、保持部の質量の慣性により圧電素子を受ける反力は大きくなり、それに対応して移動部との接触圧の変化は大きくなる。圧電素子の質量、保持部の質量、圧電素子及び弾性押圧機構部の合成弾性率などから決まる共振周波数と等しいか、それ以上の高い周波数の励振周波数にすると被駆動体との接触圧に大きな変化を得ることができる。

【0015】そこで、請求項1、2、6に記載の発明においては、移動部との接触圧を制御する圧電素子と、この接触圧が大きい時に移動部を駆動させる圧電素子を設けてこれら圧電素子を高周波の励振電圧で励振させることによって、移動部と駆動部の接触点において円若しくは楕円運動を生じせしめ接触圧が大きい時の駆動部の駆動片の接触圧に直交する方向の移動によって移動部を移動させる。

【0016】また、請求項3に記載されている発明は保持部に間隔を隔てて厚み方向に変位する圧電素子を2つ設けその中間に突起を有する駆動片を設けて、2つの圧電素子を位相差をもって高周波電圧で励振することによって、この移動部と接触する駆動片の突起に楕円運動を生じせしめ、移動部との接触圧が大きい時の上記突起接触圧と直交する方向（移動部の移動方向）の移動により移動部を該方向に移動させる。また、請求項4、5に記

載された発明では、接触圧を増大させるためにさらに厚み方向に変位する圧電素子を設けて、この圧電素子の変位によって駆動部が移動部を駆動する時の接触圧を増大させている。

【0017】駆動部の駆動片と移動部との接触点の円若しくは楕円運動によって接触圧を変えながら移動部を駆動するものであるから、この円、楕円の形状、すなわち長軸と短軸の大きさを変えることによって、接触圧が大きい時の該接触圧と直交する方向である移動部の移動方向の駆動片の移動量が変化することから移動部の駆動速度を制御することができる。そのため、請求項1、2、6記載の発明では、移動部の移動方向へ変位する圧電素子を励振する励振電圧の振幅を制御することによって移動部の速度を制御する。請求項3、4、5、記載の発明においては、2つ並行に並べた圧電素子を励振する励振電圧の位相を制御することによって楕円形状を変え、移動部の移動速度を制御する。また、各圧電素子に印加する励振電圧の高周波電圧の周波数を変えることによって、速度を制御できる。

【0018】また、移動部の移動方向を変えるには、請求項1、2、4、5、6記載の発明においては第1と第2圧電素子に印加するどちらか一方の励振電圧の位相を反転させればよく、請求項3記載の発明においては2つの圧電素子の内どちらか一方の圧電素子に印加する励振電圧の位相を反転させればよい。そして、この圧電モータは、駆動部と移動部の接触圧によって移動部を駆動するものであるから、移動部は駆動部と接触する面を備えていればよく、移動部は円筒上のロータ、ディスク上のロータ、球、平面上を移動するスライダでもよい。

【0019】

【実施例】図1は本発明の一実施例の圧電モータの概略図で、図1(a)は正面図、図1(b)は側面図である。回転自在に軸支されたシャフト1には円筒状のロータ2が固着され、該ロータ2の周面には駆動部3が弾性押圧機構部4によって押圧された構造となっている。この実施例では弾性押圧機構部4はベース6に固定された板ばね5で構成されている。図2は本発明の第2の実施例の圧電モータの概略図で、図2(a)は平面図、図2(b)は側面図である。回転自在に軸支されたシャフト1にはディスク状のロータ2'が固着され、該ロータ2'のディスク面に駆動部3がベース6に固着された板ばね5で構成される弾性押圧機構部4によって押圧される構造となっている。

【0020】図3は上記各実施例の圧電モータに使用される駆動部3の第1の実施例の構造を示す図である。保持部31の上に厚み方向に変位する圧電素子Aと厚み方向に直交する方向（以下すべり方向という）に変位する圧電素子Bが重ねて固定され、これら2つの圧電素子A、Bが積み重ねられた上面にこの駆動部3で駆動される移動部の上記ロータ2、2'と接触する駆動片32が

固着されている。図3(a)に示す例では、保持部31上に厚み方向に変位する圧電素子Aを固着し、次にすべり方向に変位する圧電素子Bを固着し、さらに駆動片32がすべり方向に変位する圧電素子B上に固着された例を示し、図3(b)では保持部31、すべり方向に変位する圧電素子B、厚み方向に変位する圧電素子A、駆動片32の順に固着された駆動部3の例を示している。

【0021】厚み方向に変位する圧電素子Aは図4

(a)に示すように電極33、34に電圧を印加すると厚み方向に変位(厚みが増減)するものであり、すべり方向に変位する圧電素子Bは図4(b)に示すように、電極33、34間に電圧を印加すると上面と下面が逆方向に横に移動しすべり方向に変位(厚み方向に対して直交する方向に変位)するものである。この圧電素子A、Bの変位の発生方向は、分極とよばれる前処理によって決まるもので、分極方向を逆にすれば印加する電圧を増減した時の圧電素子の変位方向が逆になるものである。

【0022】図3(a)に示す構成の駆動部3の動作を説明する。この場合、圧電素子Aは電極33、34に正の電圧を印加すると厚みが増大し、負の電圧が印加されると厚みが減少するように分極され、圧電素子Bは正の電圧が印加されると上面が右に下面が左に移動し、負の電圧が印加されると上面が左に下面が右に変位するように分極されているものとする。そこで、図6(a)に示すように厚み方向に変位する圧電素子Aに励振電圧VAを印加し、すべり方向に変位する圧電素子Bに対して電圧VBと同一周波数で位相が90度遅れた電圧VBを印加し圧電素子A、Bを励振させると駆動部3は図5に示すように①～④の運動を繰り返すことになる。

【0023】すなわち、図6(a)の①で示す位置では圧電素子Aには0Vの電圧が印加されることから圧電素子Aの伸縮は「0」であり、圧電素子Bには負の最大の電圧が印加されるから図5の①に示すように駆動部3は変形し、駆動片32の上下方向(ロータ2、2'を押圧する方向)は中間位置で、左右方向(すべり方向)は左端の位置となる。また、図6(a)の②の位置では、圧電素子Aに対しては正の最大の電圧が印加されるから圧電素子Aは最大の厚みとなり、圧電素子Bには0Vが印加されるからすべりは「0」となり、図5の②に示すように駆動片32は最上位(厚み方向最大位置)で左右方向は中間位置となる。次に図6(a)③の位置では、圧電素子Aにかかる電圧は0Vで、圧電素子Bにかかる電圧は正の最大値であるから、図5の③に示すように駆動片32の位置は上下方向は中間位置で左右方向は右端となる。図6(a)の④では圧電素子Aには負の最大値の電圧が印加され圧電素子Bには0Vが印加されるから、図5の④に示すように圧電素子Aの厚みは最小となり圧電素子Bはすべりが0となり、駆動片32は上下方向は最小で左右方向は中間位置となる。

【0024】以上のように、圧電素子A、Bが同一周波

数で90度位相のずれた正弦波の励振電圧で駆動されると、駆動片32は図7(a)に示すように時計方向に回転する円運動若しくは楕円運動を行うことになる。図7は駆動片32のロータ2、2'の圧接面方向(圧電素子Aの伸縮方向)への移動をZ軸、ロータ2、2'の回転方向(回転接線方向で圧電素子Bのすべり方向)をX軸とし、このX、Z軸平面における駆動片32の移動軌跡を示すもので、圧電素子Aの伸縮ストロークと圧電素子Bのすべりストロークが同一であれば、駆動片32はX、Z軸平面で円運動を行い、上記ストロークが異なれば、X軸、Z軸を長軸もしくは短軸とする楕円運動を行う。

【0025】すなわち、圧電素子Aは印加される電圧 $V_A = K \sin \omega t$ (K は振幅 ω は角速度 t は時間)によって、この電圧 V_A に比例してZ軸方向に変位し、圧電素子Bは印加される電圧 $V_B = K' \sin(\omega t - \pi/2) = -K' \cos \omega t$ によってX軸方向に変位し、この励振電圧 V_A 、 V_B で励振される圧電素子A、Bの上記ストロークが同一であるとする、駆動片32はZ軸方向に $Q \sin \omega t$ の単振動を行いX軸方向には $-Q \cos \omega t$ の単振動を行うことによって円運動を行うことになる。また、圧電素子Bに印加する励振電圧 V_B の振幅 K' を変えれば、X軸方向の単振動の振幅 Q が変化し、図7(a)に破線L1、L2で示すように楕円運動を行うようになる。

【0026】また、圧電素子Bに印加する電圧 V_B を図6(b)に示すように図6(a)の電圧 V_B を反転させて電圧 V_A に対し90度位相の進んだものとする、図7(b)に示すように駆動片32は反時計方向に円運動若しくは長軸、短軸がX軸、Z軸となる楕円運動を行うことになる。すなわち、電圧 V_B を反転させると図7

(a)における①と③の位置が入れ代わり、楕円運動は逆回転となりロータ2、2'を逆転させることになる。また、電圧 V_A を反転させると図7(a)の②と④の位置が逆となりロータ2、2'を逆転させることができる。なお、上記説明では図3(a)に示す駆動部3の構造のもので説明したが図3(b)に示す構造の駆動部3でも同一の動作を行うことができるものであり、上述した動作と同一であるから説明を省略する。

【0027】そこで、上述したような駆動部3を弾性押圧機構部4を介して図1、図2に示すようにロータに押圧し、圧電素子A、Bに励振電圧 V_A 、 V_B を印加して励振すれば、駆動部3の駆動片32は上述したように円運動若しくは楕円運動を行うことになるが、この印加する励振周波数が低いと、圧電素子Aの変位に対応して保持部31が弾性押圧機構部4の板ばね5に抗して変位し、駆動片32によるロータ2、2'の接触面への接触圧はあまり変化しない。それは、弾性押圧機構部4の弾性率は圧電素子A、Bの弾性率に比べはるかに小さく、また圧電素子の伸縮の変位は非常に小さいからである。

例えば、弾性押圧機構部4の弾性率を $1,000\text{N/mm}$ 、圧電素子の弾性率を $100,000\text{N/mm}$ 、圧電素子の伸縮変位を $1\mu\text{m}$ とした場合、接触圧の変化は 1N 程度しかない。しかし、励振周波数を高くしていくと、保持部31の質量の慣性により圧電素子が受ける反力は大きくなり、それに対応してロータ接触圧の変化は大きくなる。

【0028】そこで、励振周波数として、圧電素子の質量、保持部の質量、圧電素子及び弾性押圧機構部の合成弾性率などから決まる共振周波数と等しいか、それ以上の高い周波数にするとロータ接触圧に大きな変化を得ることができる。例えば、保持部31の質量を 1g としたとき、共振周波数は計算上では約 50kHz になるので、励振周波数をこれ以上に設定すればよい。このとき、圧電素子の無負荷時の変位は $1\mu\text{m}$ になるような電圧で励振すれば、接触圧の変化は計算上 100N 程度になる。しかし、実際は駆動部3を構成する弾性は計算通りではなく、また質量も分散して分布するため、共振周波数は計算通りにならないことが多く、この場合は、インピーダンス・アナライザなどを使って圧電素子のインピーダンスを測定して共振点を見つけ、その周波数又はそれよりも高い周波数で励振を行えばよい。共振周波数を利用すると最大の接触圧変化を得ることができる。共振点は負荷変動や温度変動の影響を受けやすく、それより少し高い周波数が、特性が安定して使いやすい。

【0029】以上のように、圧電素子A、Bを励振させる励振電圧の励振周波数を圧電素子の質量、保持部の質量、圧電素子及び弾性押圧機構部の合成弾性率などから決まる共振周波数と等しいか、それ以上の高い周波数にして圧電素子A、Bを励振させることによってロータ2、2'を駆動させることができる。図7(a)において移動部であるロータ2、2'の方向に駆動片32が移動する①→②→③の時(X軸より上の位置)、ロータ2、2'への接触圧が増大し、ロータ2、2'は図7(a)において左から右へ駆動されることになる。また、駆動片32が③→④→①に移動する時(X軸より下の位置)はロータ2、2'への接触圧が低くなり、ロータ2、2'は駆動されない。

【0030】このように、ロータ2、2'は接触圧が大きいときに駆動部3の駆動片32によって駆動されるものであるから、圧電素子Bに印加する励振電圧VBの振幅の大きさを制御し駆動片32のX、Z平面での移動軌跡の楕円形状を変えることによってロータの回転速度を制御することができる。励振電圧VBの振幅を大きくして圧電素子Bの変位ストロークを大きくし、図7(a)のX軸方向の移動ストロークを大きくすることにより、X軸方向を長軸とする図7(a)に示した破線L1のような楕円軌跡とすれば、ロータ2、2'への接触圧の大きい①→②→③でのX軸方向への移動量が大きくなりロータ2、2'の回転速度は増大する。また、励振電圧V

B'の振幅を小さくし、図7(a)に示した破線L2のようにX軸を短軸とする楕円軌跡とすれば、接触圧の大きい①→②→③でのX軸方向への移動量は小さくなりロータ2、2'の回転速度は低下することになる。このように、圧電素子Bに印加する励振電圧VBの大きさ(振幅の大きさ)を制御することによって、ロータ2、2'の回転速度を制御できる。

【0031】なお、上記実施例では圧電素子AとBを駆動する励振電圧を90度位相の異なるものとし、駆動片32に円運動もしくはロータ2、2'への押圧方向(Z軸)及びこの方向と直交する方向でロータの回転接線方向(X軸)を長軸若しくは短軸とした楕円運動を行わせる例を説明したが、圧電素子AとBを駆動する励振電圧の位相差を90度及び180度以外のものにとすると駆動片32の軌跡は上記Z軸、X軸が長軸若しくは短軸とならないX、Z平面上で傾いた楕円運動を行うものとなる。この場合には、この楕円の長軸若しくは短軸とロータ2、2'の駆動片32との接触点における回転接線方向とが平行になるように駆動部3を配置するようにすればよい。図8は駆動部3の第2の実施例である。この実施例においては、保持部31上に2つの厚み方向に変位する圧電素子A1、A2が間隔を隔てて並行に固着され、これら2つの圧電素子A1、A2間に中間に突起33を有する駆動片32が固着されている。

【0032】この駆動部3の駆動は図10に示すように位相差をもって同一周波数(上述したように圧電素子の質量、保持部の質量、圧電素子及び弾性押圧機構部の合成弾性率などから決まる共振周波数と等しいか、それ以上の高い周波数)の高周波励振電圧によって圧電素子A1、A2を励振させることによって行う。図10に示す例では、圧電素子A1に印加する励振電圧VA1に対して圧電素子A2に印加する励振電圧VA2を α だけ位相を進めた電圧としている。図10の①の状態では、圧電素子A1に印加される電圧は「0」であるから伸縮は「0」の状態、圧電素子A2に印加される電圧VA2は正の値であるから、圧電素子A2はこの印加電圧VA2に応じて伸長し、図9の①に示す状態となる。また、駆動片32のロータ接触面への押圧方向(図9において上方向)をZ軸、ロータ2、2'を回転させる方向(押圧方向のZ軸に直交する方向)をX軸とし、駆動片32の突起33のこのX、Z平面上の軌跡を表した図11において、①の位置を占める。

【0033】図10の②の状態では、圧電素子A1には正の最大の励振電圧VA1が印加され、圧電素子A2には正の最大電圧の80%程度の励振電圧VA2が印加されることから、駆動部3は図9の②に示す状態となり駆動片32の突起33は押圧方向(Z軸方向)に突出した位置を占め図11における②の位置を占める。図10の③の状態では圧電素子A1には「0」の電圧が印加され、圧電素子A2には最大電圧の20%程度の負の電圧が印加

されるものであるから、駆動部3の状態は図9で③の状態となり駆動片32の突起33の位置は図11の③の位置となる。

【0034】図10④の状態では、圧電素子A1には負の最大の励振電圧VA1が印加され圧電素子A2には負の最大電圧の80%程度が印加されることになるから駆動部3の状態は図9の④の状態となり駆動片32の突起33は図11の④の位置をとる。その結果、駆動片32の突起33は図11に示すように①→②→③→④→①と略楕円運動を行うことになり、図11でX軸より上の方(X、Z平面における第1、第2象限)を移動する間(略①→②→③の間)で駆動部3がロータ接触面を押圧する接触圧が増大し、ロータ2、2'を駆動し、接触圧が減少する図11でX軸より下の方を移動する間(略③→④→①)では、ロータ2、2'を駆動せず①へ復帰するのみの動作を行う。

【0035】ロータ2、2'の回転方向を変える場合には、圧電素子A1、A2を励振する励振電圧VA1、VA2のどちらか一方を反転させればよい。例えば、励振電圧VA1を反転させると、図11において②と④の位置が逆になり駆動片32の突起33は反時計方向に回転することになりロータ2、2'を逆転させることになる。また、励振電圧VA2の方を反転されると図11において①と③の位置が逆になり駆動片32の突起33は反時計方向に回転することになりロータ2、2'を逆転させることになる。

【0036】また、ロータ2、2'の回転速度の制御は、圧電素子A1、A2に印加する励振電圧の位相差 α を変えることによって制御できる。ただし、圧電素子A1、A2に印加する励振電圧の位相差 α を「0」とした場合、駆動片32の突起33のZ軸方向(ロータ押圧方向への移動)の往復ストロークは最大となりロータ2、2'への接触圧の変化は最大となるが、X軸方向(ロータ2、2'を回転させる方向)の往復ストロークは「0」となりロータを駆動できない。また、位相差 α を180度とした場合、駆動片32の突起33のX軸方向(ロータ2、2'を回転させる方向)の往復ストロークが最大となるが、Z軸方向の移動(ロータ押圧方向への移動)は最小となりロータ2、2'との接触圧の変化は最小となり(駆動片32はその中間点を始点とし揺動するのみで、突起の傾きによって押圧力が増大するのみ)、ロータ2、2'への押圧力が不足して駆動できなくなる場合がある。そのため、この実施例では速度制御には位相差 α が0を越える値から180度未満の値で制御して速度を制御するようにする。

【0037】図12は駆動部3の第3の実施例であり、上述した図8で示した駆動部3の実施例におけるロータ2、2'への接触圧を増大させるために厚み方向へ変位する圧電素子をさらに1つ追加したものである。図12(a)で示す実施例は保持部31の上に2つの厚み方向

に変位する圧電素子A1、A2が間隔を隔てて並行に固着され、これら圧電素子A1、A2の上に板34が固着され、この板34の中間位置(圧電素子A1とA2の中間位置)に厚み方向に変位する圧電素子A3が固着され、この圧電素子A3の上に駆動片32が固着されている。また図12(b)で示す実施例は保持部31の上に厚み方向に変位する圧電素子A3が固着されこの圧電素子A3の上に2つの厚み方向に変位する圧電素子A1、A2が間隔を隔てて並行に固着され、これら圧電素子A1、A2の上に中間に突起33を有する駆動片32が固着されている。

【0038】圧電素子A3がなければ、図8に示す実施例と同様であり、図10に示すように圧電素子A1、A2に対して位相差 α をもって同一周波数の励振電圧で励振すれば、駆動片32(突起33)は図11のように移動することになるが、この12(a)、(b)で示す第3の実施例ではさらに圧電素子A3が加わり、駆動片32(突起33)をさらにロータの接触面方向(Z軸方向)に変位させるものである。図11において、X軸より上の方(略①→②→③の間)において圧電素子A3を伸長させ、X軸より下の方(略③→④→①)において圧電素子A3を短縮するように該圧電素子A3に励振電圧を印加すれば、ロータ圧接方向(Z軸方向)への駆動片32の往復ストロークを増大させるから、駆動部ロータ2、2'回転させるときに加わる接触圧が増大することになり、大きなトルクを発生させることができる。

【0039】また、図8に示す第2の実施例の駆動部3であると、圧電素子A1、A2に印加する励振電圧の位相差を180度にしたとき駆動片32(突起33)のロータ圧接方向(Z軸方向)へのストロークが最小になったが、この図12(a)、(b)に示す第3の実施例では、圧電素子A3によってこのロータ圧接方向(Z軸方向)へのストロークを発生させるようにしていから、圧電素子A1、A2に印加する励振電圧の位相差が180度であってもロータ2、2'を駆動することができるのである。図14は、12(a)、(b)に示す第3の実施例の駆動部3の圧電素子A1~A3に高周波(上述したように圧電素子の質量、保持部の質量、圧電素子及び弾性押圧機構部の合成弾性率などから決まる共振周波数と等しいか、それ以上の高い周波数)の励振電圧VA1~VA3を印加して駆動するときの一例である。圧電素子A3に印加する励振電圧VA3に対して圧電素子A1に印加する励振電圧VA1は90度位相が遅れており、圧電素子A2に印加する励振電圧VA2は励振電圧VA1を反転したもので、VA1に対し180度位相がずれている。また、図13は、このような励振電圧VA1~VA3により各圧電素子A1~A3を励振したときの図12(a)に示す駆動部3の変化の状態を示す図であり、図15は駆動片32のロータ2、2'への圧接方向をZ軸、ロータの回転方向(回転接線方向)をX軸として駆動片32(突

起 3 3) の移動軌跡を表した図である。

【0040】図 14 において①の状態では、圧電素子 A3 には「0」の電圧が印加されているから伸縮量は「0」であり中間位置をとる。また圧電素子 A1 には負の最大の電圧が印加されているから最大に短縮した状態となり、圧電素子 A2 は最大の電圧が印加されているから最大に伸長した状態となり図 13 の①の状態となり、駆動片 32 (突起 33) は Z 軸方向は中間位置で X 軸方向は左端となり図 15 の①の状態となる。図 14 の②の状態では、圧電素子 A3 には最大の電圧、圧電素子 A1、A2 には「0」の電圧が印加されるから、圧電素子 A3 は最大に伸長し、圧電素子 A1、A2 は伸縮「0」の中間位置をとり、図 13 の②の状態となり、駆動片 32 (突起 33) は X 軸方向は中間位置で Z 軸方向は最大の位置となり図 15 の②の位置となる。

【0041】図 14 の③の状態では、圧電素子 A3 には 0 の電圧が印加され伸縮量は「0」の中間位置、圧電素子 A1、A2 にそれぞれ正の最大の電圧、負の最大の電圧が印加されることになり最大の伸長、最大の短縮となり、図 13 の③の状態となって駆動片 32 (突起 33) の位置は図 15 の③の位置となる。また図 14 の④の状態では、圧電素子 A3 に負の最大の電圧が印加され、圧電素子 A1、A2 には「0」の電圧が印加されることになるから、圧電素子 A3 は最大に短縮し、圧電素子 A1、A2 は伸縮「0」で中間位置をとり、駆動片 32 (突起 33) は図 15 の④の位置をとる。以上のように圧電素子 A1 ~ A3 に対して図 14 に示すような励振電圧 VA1 ~ VA3 が印加すると、駆動片 32 (突起 33) は図 15 に示すように①→②→③→④→①→と時計方向に回転する円若しくは略楕円運動を行うことになる。駆動片 32 (突起 33) の①→②→③の移動時にロータ 2、2' に対する接触圧が大きく、③→④→①への移動時には接触圧が低く、ロータ 2、2' は図 15 において①から③の方向へ駆動されることになる。

【0042】また、図 14 において励振電圧 VA3 を反転させて圧電素子 A3 に印加すれば、図 15 において②の位置と④の位置が入れ代わり、駆動片 32 (突起 33) は X、Z 平面上で反時計方向に回転することになりロータ 2、2' を逆方向に回転させることができる。また、圧電素子 A1、A2 に印加する励振電圧を逆にすることによってもロータを逆回転させることができる。すなわち、図 14 において、励振電圧 VA3 を圧電素子 A3 に、励振電圧 VA2 を圧電素子 A1 に、励振電圧 VA1 を圧電素子 A2 に印加すると、図 15 において①の位置と③の位置が入れ代わり、駆動片 32 (突起 33) は図 15 において反時計方向に回転しロータ 2、2' を逆方向に回転させることになる。また、図 14 で示した駆動例では、圧電素子 A1、A2 に印加する励振電圧を 180 度位相差のあるものとしたが、180 度以外の位相差をとると、圧電素子 A1、A2 間の中点は駆動部の第 2 実

施例でのべたように図 11 の楕円軌跡をとる。このため、この楕円軌跡に合わせて圧電素子 A3 のロータ 2、2' への接触圧が増大させるように圧電素子 A3 を励振させれば、接触圧はさらに増大する。すなわち、図 11 において X 軸より上 (①→②→③) の時に圧電素子 A3 を伸長させるように励振すればよい。

【0043】図 16 は、第 1 の駆動部の実施例 (図 3 (a)、(b)) の駆動制御回路のブロック図である。発振器 51 から高周波正弦波電圧を発生させ、この発振器 51 からの信号を位相シフト回路 52 によって位相をシフトさせた電圧を圧電素子 A の励振電圧 VA とする。また、発振器 51 からの電圧を増幅度制御回路 53 に入力し速度制御信号に応じて増幅度を増減させて出力し、該増幅度制御回路 53 の出力を選択回路 55 に出力すると共に位相反転回路 54 で位相を反転させた後、選択回路 54 に出力する。選択回路 55 は、方向選択信号によって、位相を反転させない信号か反転した信号かを選択して励振電圧 VB として、圧電素子 B に出力し圧電素子 B を励振させる。

【0044】以上のような駆動制御回路により駆動部 3 を駆動することによってロータ 2、2' を駆動回転させることができ、速度制御信号によって増幅度制御回路による圧電素子 B に印加する励振電圧 VB の大きさを制御することによってロータ 2、2' の回転速度を制御し、方向選択信号によって圧電素子 B に印加する励振電圧 VB を反転させるか否かによってロータ 2、2' の回転方向を選択することができる。なお、駆動部 3 の第 1 の実施例において、図 6 に示すような 90 度位相のずれた励振電圧 VA、VB で駆動する場合には上記位相シフト回路 52 によって 90 度位相を進めて励振電圧 VA とすればよい。

【0045】図 17 は駆動部 3 の第 2 の実施例 (図 8) を駆動する駆動制御回路のブロック図である。この駆動制御回路と図 16 に示す駆動部の第 1 の実施例の駆動制御回路と比較し、増幅度制御回路がなくなり、速度制御信号が位相シフト回路 52 に入力されている点がことなる。位相シフト回路 52 は速度制御信号によって位相シフト量を変更できるように構成され、ロータ 2、2' の速度制御はこの位相シフト回路 52 の位相シフト量を変えることによって行うようになっている。発振器 51 から出力される高周波 (上述した共振周波数と等しいか、それ以上の高い周波数) の電圧を位相シフト回路 52 によって位相を速度制御信号に応じた量 α だけずらして (図 10 で示す例では α だけ遅らせている)、圧電素子 A1 に励振電圧 VA1 として出力し該圧電素子 A1 を励振する。また、発振器 51 から出力された高周波電圧が、この高周波電圧を位相反転回路 54 で反転させた電圧だが、方向選択信号に応じて選択回路 55 で選択され、圧電素子 A2 の励振電圧 VA2 とされて該圧電素子 A2 が励振される。その結果、図 9 ~ 図 11 で説明したように、

圧電素子A1、A2は位相差をもって励振され、駆動部3の駆動片33は橢円運動を行いロータ2、2'を回転駆動させるものとなる。

【0046】図18は、図12で示す駆動部3の第3の実施例を駆動制御する駆動制御回路で、図17における選択回路55が変わっていることと位相シフト回路56が新たに追加されている点である。発振器51から出力された高周波電圧の位相を位相シフト回路52で設定量ずらし(図14の例では90度位相を進める)、圧電素子A3の励振電圧VA3としている。また、発振器51の出力と該出力を位相反転回路54で位相を反転した出力を選択回路55'に入力し、選択回路55'では、方向選択信号によって連動して切り替わるスイッチによって圧電素子A1、A2の励振電圧VA1、VA2として、一方は発振器51から出力された高周波電圧そのもの、他方は位相反転回路54で反転させたものを出力するが、圧電素子A2の励振電圧はさらに位相シフト回路56に入力し、速度制御信号に応じた分の圧電素子A1の励振電圧に対して位相をずらして圧電素子A2の励振電圧VA2としている。

【0047】これにより、方向選択信号によって圧電素子A1、A2に印加する励振電圧を選択しロータ2、2'の回転方向を選択し、かつ速度制御信号によって励振電圧VA1、VA2の位相をずらしてロータ2、2'の回転速度を制御する。

【0048】上述した実施例は円筒上のロータ2、2'、若しくはディスク上のロータ2'で構成された圧電モータの例であったが、本発明は、接触圧によって移動部を駆動するものであるから、ロータは必ずしも円筒状やディスク状のものに限られるのではなく、平面や周面を有するものであればどのような移動部でも駆動できるものである。図19は球面を駆動する圧電球面モータの実施例であり、球面軸受け63により球61が摺動自在に軸受けされ、出力軸62を移動させることができるようにしたもので、該球61を駆動する駆動部としては上記説明した第1～第3の実施例の駆動部3を用いるものである。すなわち、駆動部3の先端(駆動片)は弾性押圧機構部4の板ばね5によって球面に押圧され、駆動部の各圧電素子を上述した方法によって駆動することで球を回転させ、その出力軸62を移動させるものである。

【0049】また、図20は圧電リニアモータの例であり、図20(a)は正面図、(b)は側面図である。スライダベース64上にクロスローラベアリング、リニアガイド等のガイド部材66により摺動自在に保持されたスライダ65の側面に対して上述した第1～第3の実施例の駆動部3が弾性押圧機構部4によって押圧されており、この駆動部3を上述した方法によって駆動し、スライダ65を図20(b)において左右に移動させるものである。

【0050】図21は駆動部3の第4の実施例を示す図である。第1～第3の実施例では、移動部を移動方向を1方向に移動させるものであったが、この第4の実施例では、移動部を2方向に移動させることができるものである。この第4の実施例は、保持部31の上に厚み方向に変位する圧電素子Aを固着しこの圧電素子Aの上にすべり方向に変位する圧電素子B1を固着し、さらにこの圧電素子B1の上に該圧電素子Bのすべり方向と直交する方向にすべる圧電素子B2を固着し、最上部に駆動片32が固着されて構成されている。なお、これら圧電素子A、B1、B2の固着順序は図21に示した順序でなくてもよく、図21に示すように下からA、B1、B2と固着しても、またはA、B2、B1と固着しても、B1、A、B2と固着してもさらには他の態様でもよい。この駆動部3が移動部を押圧する方向(圧電素子Aの伸縮方向)をZ軸方向とし、該Z方向に直交しかつ互いに直交する方向をX軸方向、Y軸方向とすれば、Z軸方向に伸縮する圧電素子AとX軸方向にすべる圧電素子B1(若しくはB2)、Y軸方向にすべる圧電素子B2(若しくはB1)を積層順序に関係なく単に積層すればよいものである。

【0051】この2方向駆動の駆動部3の動作は、図3に示した第1の実施例の駆動部の動作と同じ原理であり、移動部を移動させる方向が2方向になっている点が相違するのみである。すなわち圧電素子Aを伸長させて移動部への押圧力が増大している間ですべり方向に変位する圧電素子B1を駆動させてこのすべり方向に移動部を移動させる点は第1の実施例と同一である。また圧電素子B2を励振すれば移動部は圧電素子B1を励振したとき移動する方向と直交する方向に移動させることができるもので、このときも動作原理は図3の第1の実施例で説明したときと同一である。そして、圧電素子B1、B2を同時に駆動すれば、移動部を2つのすべり方向の圧電素子B1、B2のすべり方向を合成した方向に移動部を駆動することができるものである。

【0052】この2方向駆動の駆動部を図19に示す球面駆動に用いれば、球61は任意の方向に回転させることができることになる。また、図22に示すように2方向に移動移動可能なスライダの駆動部として用い圧電平面モータとすれば、スライダをX、Y平面上で、X方向、Y方向、さらに合成された任意の方向に駆動させることができる。図22(a)はこの圧電平面モータの平面図、図22(b)は側面図であり、ベース70に設けた一対のガイドレール71に摺動自在にそれぞれガイド72が嵌合され、一対のガイド72、72間には一対のシャフト73、73が掛け渡され、該シャフト73、73にはスライダ74が摺動自在に嵌合されている。また、弾性押圧機構部4としてベース70に固定された板ばね75には上記図21に示す2方向駆動の駆動部3の保持部31が固着され、駆動部の駆動片32がスライダ

74の下面に押圧されている。そして、ガイドレール71を移動するガイド72の移動方向をY軸、スライダがシャフト73に沿って移動する方向をX軸とし、駆動部の圧電素子B1、B2のすべり方向を上記X軸方向、Y軸方向と平行になるように上記駆動部を配置する。

【0053】そして、圧電素子Aを励振し圧電素子B1、B2を選択的に励振すれば、スライダ74をX軸方向、若しくはY軸方向に移動させることができ、また圧電素子B1、B2を同時に励振させれば、圧電素子B1、B2のすべりを合成した方向にスライダ74を移動させることができる。図23は、の2方向駆動部の駆動制御回路のブロック図で、図16の駆動制御回路における選択回路55を図のような選択回路55"に代えたものを用いる。位相シフト回路52によって発振器51から出力される高周波電圧の位相を90度進めもしくは遅らせ他電圧を圧電素子Aの励振電圧VAとする。そして、選択回路55"は、圧電素子B1、B2に対する励振電圧VB1、VB2として発振器51から出力される高周波電圧を出力するか、その反転電圧を出力するか、又は「0」の電圧を出力するかそれぞれの方向選択信号に応じて切換えている。(図23ではX軸方向選択信号、Y軸方向選択信号とし、圧電素子B1はX軸方向に移動部(スライダ74)を駆動するものとし圧電素子B2はY軸方向に移動部(スライダ74)を駆動するものとしている)。

【0054】これにより、圧電素子B1、B2に印加される励振電圧の振幅を増幅度制御回路53によって速度制御信号に応じて増減させて、移動部の移動速度を制御すると共に、X、Y方向選択信号によって選択回路55"のスイッチを切替え、移動部の移動方向をX軸+、-方向、Y軸+、-方向、さらにX軸、Y軸の移動を合成した方向に移動部を移動させるものである。なお、駆動部3の駆動片は移動部と接触するために磨耗しやすいので、磨耗防止のために通常硬いセラミックスを使用する。また、圧電素子の上に駆動片32を設ける場合で、圧電素子の表面が硬く磨耗を問題にしない場合にはこの駆動片32を省略し圧電素子の表面を駆動片としてもよい。

【0055】また、上記実施例では、移動部の速度の制御を圧電素子の励振電圧の振幅を変えたり位相シフト量を変えることによって行っているが、圧電素子を励振する励振電圧の周波数、すなわち発振器51の発振周波数を上述した共振周波数以上の領域で変えることによって、移動部の速度を制御するようにしてもよい。さらに、上記実施例では、移動部に対して駆動部を1個設けた例を説明したが、1つの移動部に対して複数の駆動部を設けトルクや推力を増大させることができる。この場合、励振電圧を同じ同じ波形を使用してもよいが、位相をずらして180度ずらした2組の波形、あるいは位相を120度ずつずらした3組の波形、あるいは位相を9

0度ずつずらした4組の波形でそれぞれの駆動部を励振すれば、トルクや推力のリプルが少なくなりより滑らかな動きを実現できる。

【0056】

【発明の効果】本願各発明の圧電モータは、駆動部と該駆動部で駆動される移動部との接触部を駆動部で円若しくは楕円運動を起こさせ、接触圧が増大している期間における駆動体の接触部(駆動片)の接触圧方向と直交する方向の移動によって移動部を駆動するモータであるから、大きなトルクが発生できる。また、圧電素子を励振する高周波電圧の振幅若しくは位相差を変えることによって移動部(ロータ)の駆動速度を制御でき、速度制御が簡単にでき、かつ励振電圧を反転させるのみで移動部の移動方向を変えることができるため、該圧電モータの移動方向とその速度を容易に制御することができる。また、円若しくは楕円運動における移動部と駆動部の接触圧が小さい期間に駆動体の接触部は移動部の移動方向と逆方向に移動するものであるから、接触圧が小さくなるので、この接触部の磨耗も小さくモータの寿命を長くできる。さらに、接触圧で移動部を移動させるモータであるから移動部は駆動部と接する面を備えていればよく、ロータが円筒状のもの、ディスク状のもの、球さらには平面を移動するスライダでもよく、いろんな形態の圧電モータを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の構成を示す図である。

【図2】本発明の第2の実施例の構成を示す図である。

【図3】本発明の第1、第2の実施例に使用される駆動部の第1の実施例の構成を示す図である。

【図4】圧電素子の説明図である。

【図5】図3(a)に示す駆動部の動作状態を説明する図である。

【図6】駆動部の第1の実施例における各圧電素子を励振する励振電圧の説明図である。

【図7】駆動部の第1の実施例における駆動部先端の駆動片の移動軌跡を説明する説明図である。

【図8】駆動部の第2の実施例の構成を示す図である。

【図9】駆動部の第2の実施例の動作状態を説明する説明図である。

【図10】駆動部の第2の実施例における各圧電素子を励振する励振電圧の説明図である。

【図11】駆動部の第2の実施例における駆動部先端の駆動片の移動軌跡を説明する説明図である。

【図12】駆動部の第3の実施例の構成を示す図である。

【図13】図12(a)に示す第3の実施例の駆動部の動作状態を説明する図である。

【図14】駆動部の第3の実施例における各圧電素子を励振する励振電圧の説明図である。

【図15】駆動部の第3の実施例における駆動部先端の駆

動片の移動軌跡を説明する説明図である。

【図16】駆動部の第1の実施例を駆動する駆動制御回路のブロック図である。

【図17】駆動部の第2の実施例を駆動する駆動制御回路のブロック図である。

【図18】駆動部の第3の実施例を駆動する駆動制御回路のブロック図である。

【図19】本発明の球面を駆動する圧電球面モータの一実施例の構成を示す図である。

【図20】本発明の一実施例の圧電リニアモータの構成を示す図である。

【図21】本発明の駆動部の第4の実施例で2方向駆動の駆動部の構成を示す図である。

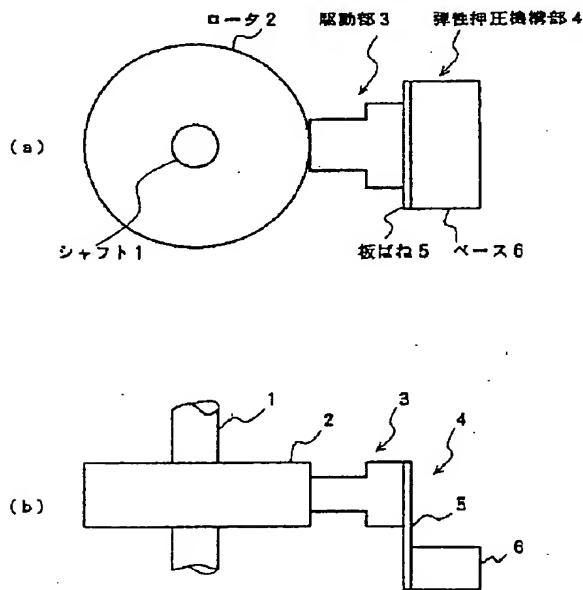
【図22】2方向駆動の駆動部により駆動する本発明の圧電平面モータの一実施例の構成を示す図である。

【図23】2方向駆動の駆動部の駆動制御回路のブロック図である。

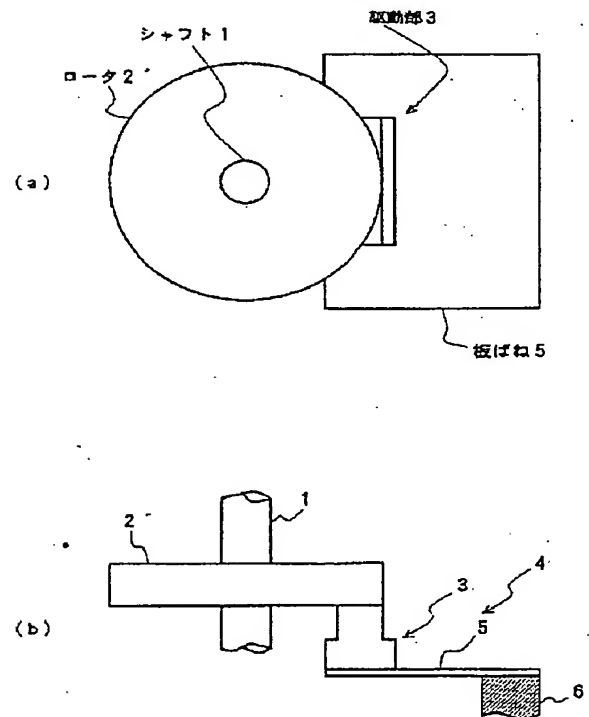
【符号の説明】

- 2 円筒状ロータ
- 2' ディスク状ロータ
- 3 駆動部
- 4 弾性押圧機構部
- 5、75 板ばね
- 6 ベース
- A、A1、A2、A3 厚み方向に変位する圧電素子
- B、B1、B2 すべり方向に変位する圧電素子
- 31 保持部
- 32 駆動片
- 33 突起
- 61 球
- 62 出力軸
- 65、74 スライダ
- 72 ガイド

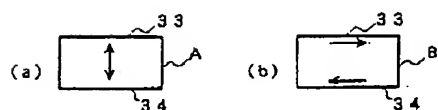
【図1】



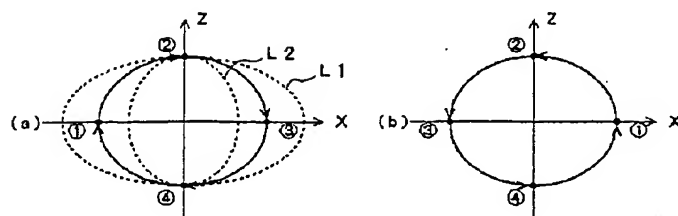
【図2】



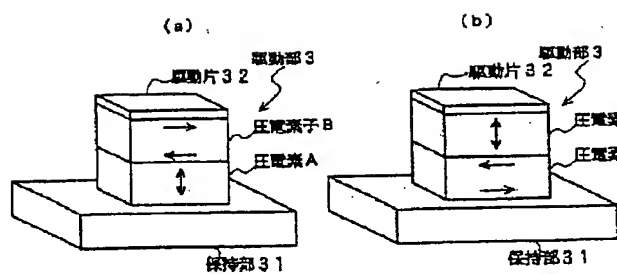
【図4】



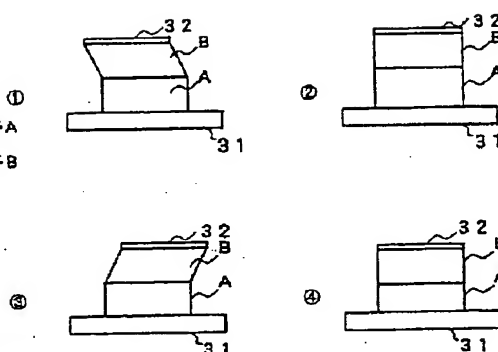
【図7】



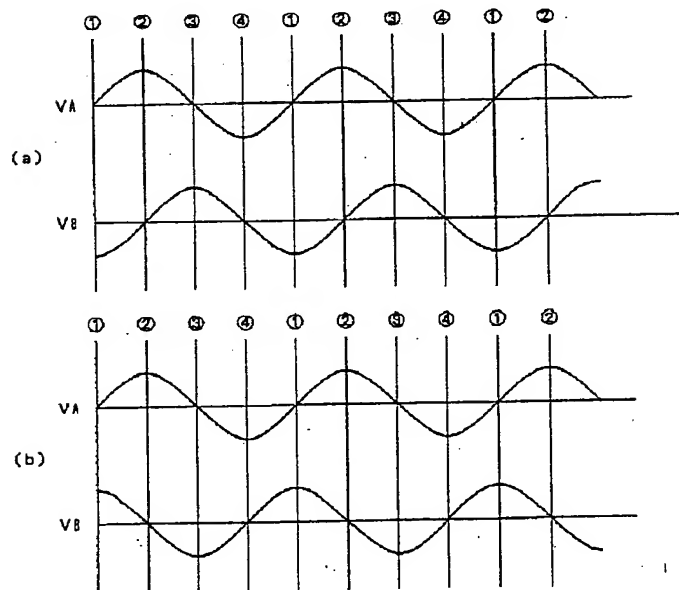
【図3】



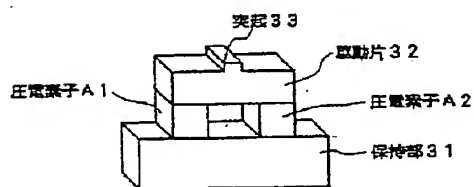
【図5】



【図6】

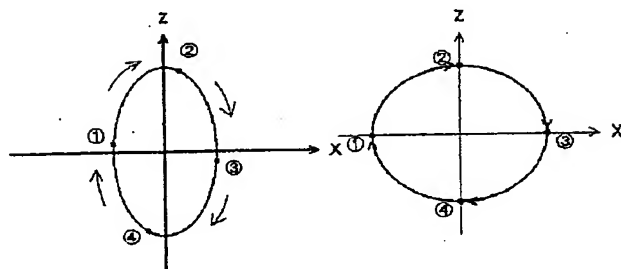


【図8】

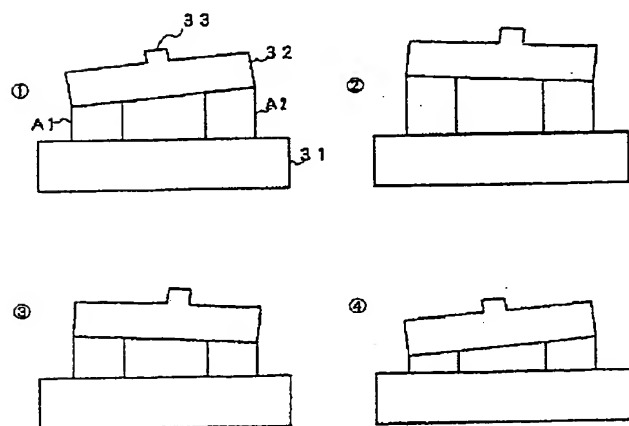


【図11】

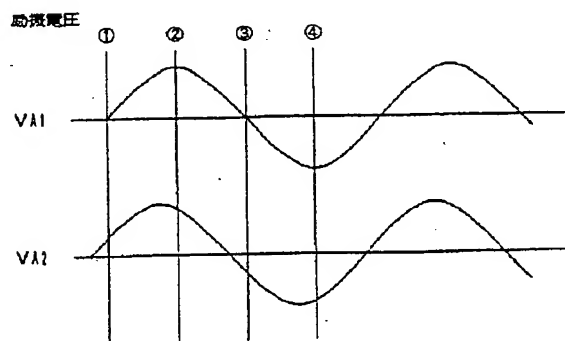
【図15】



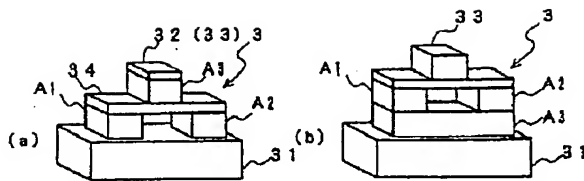
【図9】



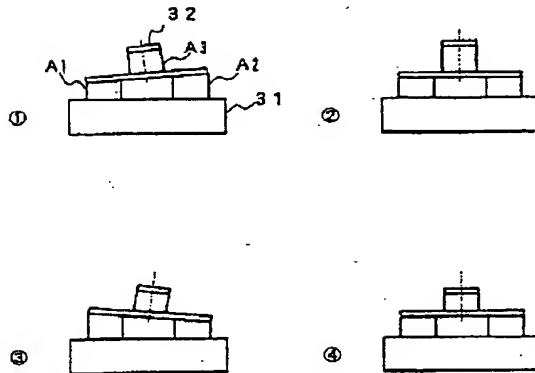
【図10】



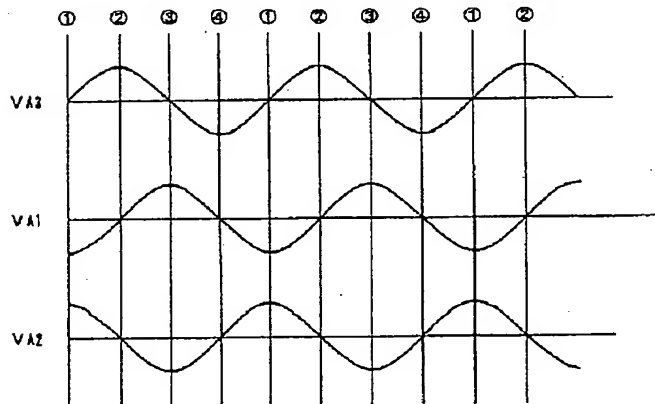
【図 12】



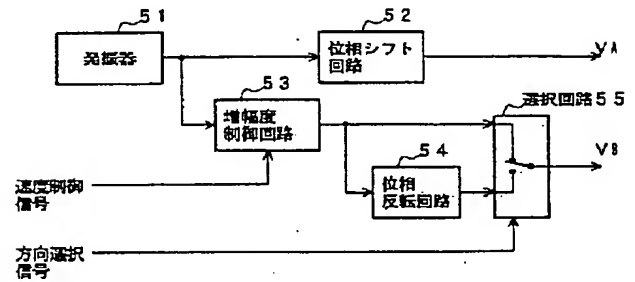
【図 13】



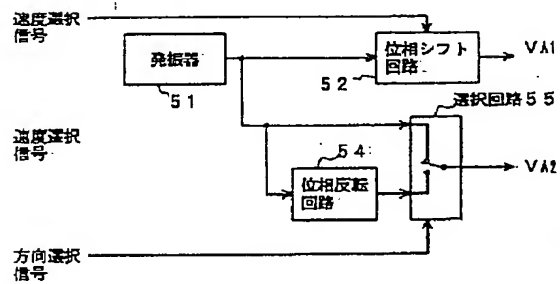
【図 14】



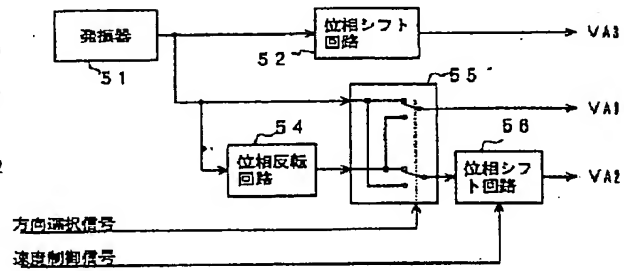
【図 16】



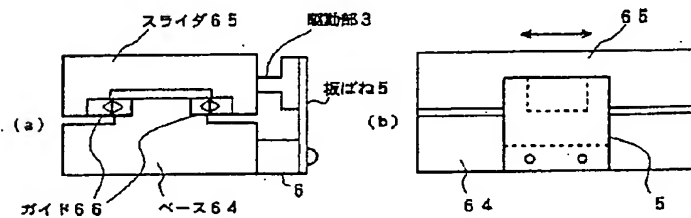
【図 17】



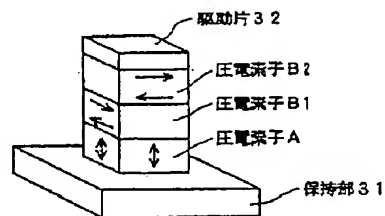
【図 18】



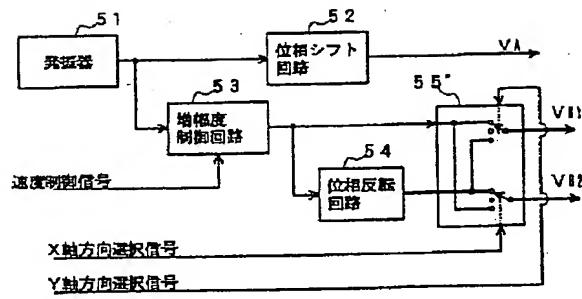
【図 20】



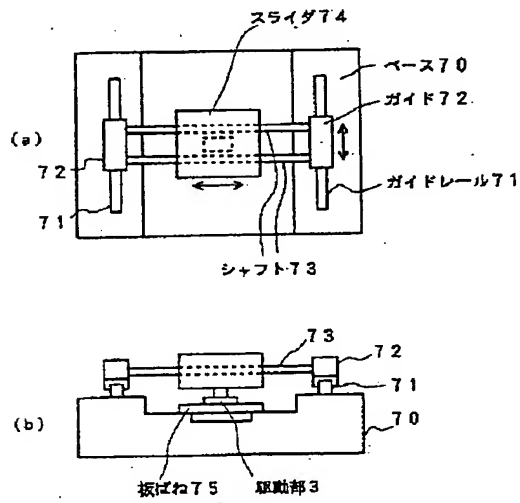
【図 21】



【図23】



【図22】



【図19】

